

准噶尔盆地西北缘 RFT 应用效果分析

孙德杰

(新疆石油管理局地质处)

摘 要 RFT 测井是斯仑贝谢公司的一种进行地层测试方法。它用点测的方式,对储集层的原始地层压力、渗透率以及孔隙中的流体性质作出解释。本文利用 1990 年准噶尔盆地西北缘 RFT 测井资料,提出应用 RFT 测井信息,评价储层,解决地质问题的具体方法。通过试油验证,效果是令人满意的。对 RFT 测井所适用的条件也提出了几点看法。

关键词 地层测试 地层压力 地层渗透性 流体性质

引 言

重复式电缆地层测试(Repeat Formation Tester,简称 RFT)。1990 年由斯仑贝谢服务队在准噶尔盆地西北缘的 446 井区、百口泉、红山嘴、夏子街等地区进行了测井。共测井 18 井次,其中成功 13 井次,占 72%。对 446 井区扩边井的油水层解释及油藏边界圈定、452 井高压水层的识别、夏子街夏 9 井区油藏渗透性和地层压力的解释都取得了一定的成果,为勘探开发提供了可靠的依据。同时,通过对资料的分析,对 RFT 的应用条件也有了进一步的认识。

1 RFT 测井能解决的问题

- (1)建立所测地层的压力剖面,为科学钻井提供合理的泥浆设计依据;
- (2)计算地层的渗透率,对油层生产能力作出评价;

(3)计算储集层中流体的密度,判断油水层,划分油水界面,确定含油面积。

2 对地层渗透率的评价

(1)在RFT测井时,从地层中抽出流体,在测点上会引起一个压力降,它以似球面的形式向外传播。停抽后,由于流体继续从外围地层部分向探测器附近的低压区流动,使探测器测量压力增加,直到压力达到平衡,这时的压力即是地层压力。压力恢复的时间即是地层渗透率的函数。CSU车载计算机系统,可分别用压降法和压力恢复法计算地层的渗透率,其中压降法计算渗透率的公式为

$$K = m \frac{q \mu}{\Delta P} \quad (1)$$

式中 K ——影响压降过程的渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$;

q ——流量, cm^3/s 。它等于 10cm^3 除以从测井上读出的流动时间;

μ ——流体粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$;

ΔP ——从测井图上读出的压降值, lb/in^2 ;

m ——与仪器探头有关的常数(两种类型的探头,其 m 值分别为 5 660、2 395)。

(2)不同渗透性地层的 RFT 测井响应 ①较高渗透性地层($K > 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$) 467 井侏罗系八道湾组(114.9m 处),经现场处理,所得的流度为 $26.99 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2/(\text{mPa} \cdot \text{s})$; $K = 19.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,从打开第一个取样室到恢复为原始地层压力,时间仅用了 25s。百 67 井三叠系白碱滩组(1 377.0m 处),计算的流度为 $16.26 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2/(\text{mPa} \cdot \text{s})$; $K = 11.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。恢复时间为 30s。②中等渗透性地层 467 井三叠系地层(1426.0m 处),计算的流度为 $4.78 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2/(\text{mPa} \cdot \text{s})$; $K = 3.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,恢复时间为 40s。③低渗透性地层 百 67 井三叠系白碱滩组(1367.6m 处),计算的流度为 $1.81 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2/(\text{mPa} \cdot \text{s})$; $K = 1.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,恢复时间约为 200s。④特低渗透性地层 1458 井三叠系白碱滩组(1 328.5m 处),计算的流度为 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2/(\text{mPa} \cdot \text{s})$, K 值无法计算,压力恢复时间约 900s,才接近地层压力。⑤干层 红 81 井石炭系地层(2 212.7 处),打开取样室后,没有压力恢复趋势,待 200s 后关闭,解释为干点。

3 泥浆柱压力及地层压力分析

3.1 泥浆柱压力梯度及泥浆密度

在每次测量地层压力的前后,都分别记录了泥浆柱压力。根据测前、测后泥浆柱压力的对比,判断测量环境的稳定性,估计所测地层压力的可靠程度。同时,从泥浆柱压力随深度的变化关系中获得泥浆柱的压力梯度和泥浆密度。

泥浆密度的计算公式为

$$\rho_m = d_p / 1.422 \quad (2)$$

式中 ρ_m ——泥浆密度, g/cm^3 ;

d_p ——所测泥浆柱压力梯度, $\text{lb}/(\text{in}^2 \cdot \text{m})$ 。

计算结果见表 1。

表 1 RFT 测井计算泥浆密度表

地区	井号	d_p		ρ_m g/cm ³
		lb/(in ² ·m)	MPa/m	
446 井区	8335	1.56	0.011	1.10
	10002	1.56	0.011	1.09
	10102	1.52	0.010	1.07
五一八区	452	2.02	0.014	1.42
	475	2.05	0.0139	1.44

计算所得的泥浆密度与钻井使用的泥浆密度是很接近的,从而证实了 RFT 测压系统的可靠性。

3.2 地层压力及地层压力系数

在各测试点进行 RFT 测试时,由于地层渗透性的不同,使探测器周围的压力恢复到原始地层压力所需的时间是不同的。在渗透率很低的情况下,恢复压力往往需要很长的时间,甚至根本不能恢复。根据这个特点,CSU 车载计算机设计了用随时间变化的压力恢复曲线图来外推求原始地层压力的软件,可以得到恢复时间为“无穷大”时的地层压力。

地层压力系数计算公式为

$$P_c = P_R / 1.422h \quad (3)$$

式中 P_c ——地层压力系数;
 P_R ——地层压力,lb/in²;
 h ——测点深度,m。

地层压力系数可为钻井设计提供依据。在夏 9 井区的夏 64、夏 65、夏检 312 等 3 口井中测得该区侏罗系地层压力系数为 0.93;三叠系地层压力系数为 0.95~1.04。根据这个资料,解释时建议在侏罗系试油采取抽吸方式,结果在夏 65、夏 64 井先后获得了工业油流。使测井资料为该区增加储量发挥了积极的作用。

利用所测的地层压力,还准确地找出了 452 井侏罗系高压水层的位置。RFT 在 J₁ 的 1796.5m、1797.5m 两点测得地层压力分别为 25.31MPa、25.32MPa,计算地层的压力系数高达 1.436。而钻井使用的泥浆柱在该处的压力为 25.37MPa,故在钻井时发生过井口喷水现象。有了这些资料,为下技术套管封住侏罗系高压水层提供了充分的依据。

4 利用流体密度划分油水层

根据 RFT 在各点所测的地层压力,计算出地层压力梯度,进而可计算流体密度。计算公式如下:

$$\rho_f = d_p / 1.422 \quad (4)$$

式中 ρ_f ——流体密度,g/cm³;

d_p ——地层压力梯度, lb/(in²·m)。

根据计算的流体密度来判别油层都取得较好的结果。

8335井T₃²层, 计算的地层压力梯度为 $d_p = 7.81 \times 10^{-3}$ MPa/m, 进而求得流体密度 $\rho_f = 0.797$ g/cm³, 解释为油层。射开井段 2 085~2 096m 试油, 经压裂后获得10~20t/d的工业油流。

446井区东部的10002井, 计算的地层压力梯度为 $d_p = 9.63 \times 10^{-3}$ MPa/m, 流体密度 $\rho_f = 0.982$ g/cm³。J₁¹、T₃² 均在一个压力梯度线上, 解释为水层。射开2 135~2 128m、2 144~2 141m 两段试油, 结论为水层。

根据夏65井侏罗系上部地层压力剖面, 计算的流体密度为 $\rho_f = 1.09 \sim 1.13$ g/cm³, 解释为水层。

5 结论与建议

5.1 RFT 测井条件

(1)在渗透性较好、孔隙度较大($K > 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $\Phi > 10\%$)的储层中进行测井, 可获得比较满意的地层压力和渗透率值。当地层渗透率很低($K < 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)时, 所测的地层压力将存在“增压现象”, 它是由于井壁附近的滤液侵入, 在地层内形成压力增值。当渗透性差时, 滤液渗流不畅通, 这种压力增值难以消失, 致使RFT所测的地层压力高于真实的地层压力。

(2)泥浆必须静止一定的时间, 达到稳定状态, 所测结果才可靠。

(3)RFT测点处井眼要完整规则, 否则会造成座封失败。

5.2 应用效果

(1)RFT测井对446井区扩边井的油水层解释提供了依据, 为确定油藏边界、计算储量做出了贡献。RFT所解释的干层点, 有时也是很有意义的成果。例如红81井石炭系中, 钻井过程中油气显示差, 究竟下不下油层套管? 测井时选择双侧向有正差异的电性较好处进行了RFT测试, 结果四点均为干层, 从而证实了石炭系无储集性能。测井方面提出不下套管的建议被及时采纳, 为国家节约了大量的资金。

(2)1990年所测的RFT井点分布较分散, 不利于区块评价储层的横向对比(对岩性油藏尤为重要)。建议今后测井安排时尽量使测量井点适当集中, 便于综合评价。

ANALYSIS OF RFT APPLICATION RESULTS IN NORTH— WESTERN MARGIN OF JUNGGAR BASIN

Sun Dejie

(Department of Geology, Xinjiang Petroleum Administration Bureau)

Abstract

RFT logging is a method of formation test in Schlumberger Company. It takes point—test way to interpretate original formation pressure, permeability and pore fluid properties. Along with utilising 1990's RFT logging—data of north—western margin, Junggar Basin, this paper suggestes specific methods in reservoir evaluation and solution of geological problems by means of employing RFT logging information. Through production test, the results are satisfied. Some views are also provided on applicability conditions of RFT logging in the paper.

keywords; formation test, formation pressure, formation permeability, fluid properties.